



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 32 913 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 41 J 2/045

DE 195 32 913 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 32 913.9  
⑯ Anmeldetag: 6. 9. 95  
⑯ Offenlegungstag: 28. 3. 98

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯  
27.09.94 JP P 6-231041

⑯ Anmelder:  
Sharp K.K., Osaka, JP

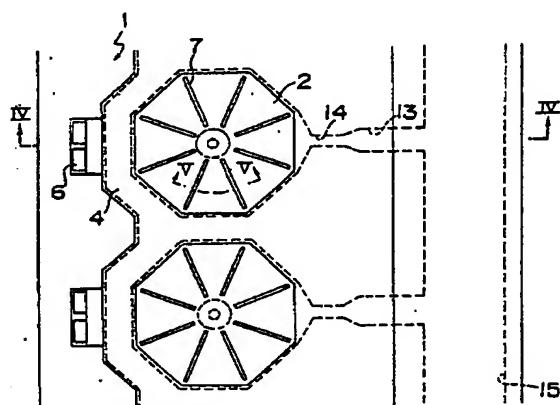
⑯ Vertreter:  
TER MEER-MÜLLER-STEINMEISTER & Partner,  
Patentanwälte, 81679 München

⑯ Erfinder:  
Inui, Tetsuya, Nara, JP; Matoba, Hirotsugu, Sakurai,  
Nara, JP; Hirata, Susumu, Nara, JP; Ishii, Yorishige,  
Yamatotakada, Nara, JP; Abe, Shingo, Tenri, Nara,  
JP; Kimura, Masaharu, Daitou, Osaka, JP; Horinaka,  
Hajime, Kashiba, Nara, JP; Onda, Hiroshi,  
Yamatokooriyama, Nara, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Hochintegrierter Membran-Tintenstrahlkopf mit hoher Tintenabgabewirkung

⑯ Eine Druckerzeugungseinrichtung zum Druckbeaufschlagen von Tinte in einen Tintenstrahlkopf weist einen achteckigen Aufbau mit einem Knickelement (2) mit einem sich radikal auf dessen Oberseite erstreckenden Rillenbereich (7) auf, sowie eine zwischen Isolierschichten (5a und 5b) angeordnete Heizschicht (6) zum Erwärmen des Knickelements (2), wobei ein Umfangskantenbereich (4) des Knickelements (2) auf einem Substrat (1) befestigt ist und ein Mittelbereich des Knickelements durch das Erwärmen ausknickt. Eine Lochplatte (11) deckt die Druckerzeugungseinrichtung mit einem dazwischen vorhandenen Spalt ab. Ein Zwischenraum zwischen der Lochplatte (11) und einem Seitenkantenbereich des Knickelements (2) wird durch eine Abstandsschicht (10) abgedichtet. Ein Tintenzuführweg (13) verbindet ein Tintenreservoir (15) mit einer Kavität (8), die über dem Knickelement (2) angeordnet ist. Die Lochplatte (11) weist eine Düse (12) auf, die zum Ausbringen der Tinte dient.



DE 195 32 913 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Tintenstrahldrucker, bei dem das Drucken durch Ausbringen von kleinen Tröpfchen einer flüssigen Tinte erfolgt, so daß die Tintentropfen gegen ein Blatt fliegen. Genauer gesagt betrifft die Erfindung einen Druckkopf für einen Tintenstrahldrucker.

In den letzten Jahren haben mit fortschreitender Verwendung von Computern als Ausgabemedien für Computerinformationen dienende Drucker zunehmend an Bedeutung gewonnen. Mit der Verminderung der Baugröße und der Leistungszunahme der Computer wurden Drucker zum Ausgeben von Datencodes, Bilddaten o. ä. aus den Computern auf Papier oder Film für einen Overheadprojektor notwendig, um weitere Verbesserungen in Leistung, Baugröße und Funktionen erreichen zu können. Unter diesen Druckern weist ein Tintenstrahldrucker zum Ausdrucken von Zeichen- und Bilddaten durch Ausgeben von flüssiger Tinte auf ein Blatt Papier, einen Polymerfilm o. ä. Vorteile auf, indem er klein baut, leistungsfähig ist und wenig Energie verbraucht. Dementsprechend wurden in den letzten Jahren Anstrengungen unternommen, derartige Drucker weiterzuentwickeln.

Beim Aufbau eines Tintenstrahldruckers gilt als wichtigstes Teil ein sogenannter Tintenstrahlkopf zum Ausbringen der Tinte, weswegen es wichtig ist, einen derartigen Kopf kompakt und preisgünstig herzustellen. Üblicherweise wurden verschiedene Verfahren für den Tintenstrahlkopf angewendet. Eines dieser Verfahren verwendet eine in Fig. 11A gezeigte piezoelektrische Vorrichtung, bei der eine Hochspannung ein piezoelektrisches Element 51 beaufschlagt, um eine mechanische Deformation des Elements zu bewirken und dadurch einen Druck in einer Tinten-Druckkammer 52 zu erzeugen, so daß Tinte in Form von Partikeln über eine Düse 53 ausgegeben wird. Dann wird — wie in Fig. 11B gezeigt — die Hochspannungsbeaufschlagung unterbrochen, um die Deformation des piezoelektrischen Elements 51 aufzuheben, so daß Tinte über einen Zuführungseinlaß 54 in die Tinten-Druckkammer 52 eingesaugt wird.

Ein anderes Verfahren wird als sogenanntes Blasensystem (bubble jet system) bezeichnet und in Fig. 12 gezeigt, wo eine Heizung 56 auf einer Innenseite einer unteren Platte 55 mittels eines durch die Heizung 56 fließenden elektrischen Stroms schnell erwärmt wird, um eine in einen Zwischenraum zwischen einer obere Platte 57 und die untere Platte 55 eingefüllte Tinte zum Sieden zu bringen und dadurch Blasen zu erzeugen, wobei durch die durch die Blasenerzeugung bewirkte Druckänderung die Tinte über eine in der oberen Platte 57 vorhandene Düse 58 ausgegeben wird.

Nach einem in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. HEI 2-30543 beschriebenen System kann auch eine Bimetallvorrichtung in der Tintenkammer vorgesehen sein, die zum Erzeugen einer Verformung erwärmt wird, wodurch ein Druck die Tinte beaufschlagt und die Tinte ausgegeben wird.

Bei dem ersten Verfahren mit der piezoelektrischen Vorrichtung ist es notwendig, ein piezoelektrisches Element durch Übereinanderschichten von piezoelektrischen Materialien zu bilden und danach das piezoelektrische Laminat zu bearbeiten, um den Kopf herzustellen. Bei der mechanischen Bearbeitung kann der Abstand zwischen den Tintenkammern nicht ausreichend reduziert werden, was zu dem Problem führt, daß auch

der Abstand zwischen den Düsen zum Ausgeben der Tinte nicht vermindert werden kann.

Beim zweiten Fall mit dem Blasenstrahlsystem ist es erforderlich, die Heizung sofort auf eine hohe Temperatur von mehreren Hundert Grad Celsius zu erhitzen, um die Tinte zum Sieden zu bringen und die Blasen zu erzeugen. Dadurch kann eine Verschlechterung der Heizeigenschaften nicht vermieden werden, was zu einer verminderten Lebensdauer der Vorrichtung führt.

Im dritten Fall des in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. HEI 2-30543 beschriebenen Systems wird das durch Zusammenfügen mehrerer verschiedener Arten von Materialien gebildete Bimetall, das als Antriebsquelle zum Ausgeben der Tinte dient, erwärmt, um eine Verformung zu erzeugen, wodurch die Tinte ausgegeben wird. In diesem Fall ist es notwendig, eine Bimetallstruktur zu bilden, bei der verschiedene Materialarten als Antriebsquelle zusammengefügt werden, was zu einem komplizierten Aufbau führt. Darüber hinaus ist es notwendig, viele winzige Antriebskomponenten bei der Herstellung der Antriebsquelle zusammenzufügen, wobei die Antriebskomponenten einzeln hergestellt und dann zusammengebaut werden müssen, wodurch die Integration der Komponenten schwierig ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die oben beschriebenen Nachteile zu beheben und einen Tintenstrahlkopf anzugeben, der hochintegriert ist und eine hohe Tintenabgabewirkung aufweist.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Tintenstrahlkopf angegeben, mit einer auf einem Substrat vorhandenen Kavität zur Aufnahme von Tinte; einer Druckerzeugungseinrichtung mit einem um seinen Mittelpunkt symmetrischen Knickelement, dessen Umfangskantenbereich innerhalb der Kavität auf dem Substrat fixiert ist, wobei das Knickelement durch Erwärmen ausknickend verformbar ist, um einen Druck zum Ausbringen der Tinte zu erzeugen; und mit einer mit der Kavität kommunizierenden, zum Ausbringen der Tinte dienenden Düse.

Bei dem Tintenstrahlkopf wird das einen um seinen Mittelpunkt symmetrischen Aufbau aufweisende und mit seiner Umfangskante an dem Substrat befestigte Knickelement durch Erwärmen knickend verformt, so daß es die in die Kavität gefüllte Tinte mit Druck beaufschlagt. Die unter Druck stehende Tinte wird über die mit der Kavität kommunizierende Düse in Form von Tintentropfen ausgegeben, wodurch das Drucken auf ein Aufzeichnungspapierblatt o. ä. bewirkt wird. Wenn die Erwärmung abgebrochen wird, nimmt das Knickelement der Druckerzeugungseinrichtung wieder seine ursprüngliche Form ein, und frische Tinte wird in die Kavität eingesaugt. In diesem Fall weist die Druckerzeugungseinrichtung das Knickelement auf, dessen um den Mittelpunkt symmetrischer Umfangskantenbereich an dem Substrat befestigt ist, und hat einen Aufbau zum Beaufschlagen von Druck direkt auf die Tinte. Dadurch wird die Druckerzeugungseinrichtung im wesentlichen in eine Richtung senkrecht zu ihrer Oberfläche verformt, auch wenn sie eine kleine Fläche einnimmt, und ist in der Lage, ohne großen Tintenverlust einen großen Druck auf die Tinte aufzubringen, wodurch eine verbesserte Tintenabgabeffektivität erreicht wird. Darüber hinaus kann — anders als bei den Systemen nach dem Stand der Technik — der Abstand zwischen den Düsen mittels eines einfachen Aufbaus vermindert werden und die Integration der Komponenten erreicht werden, ohne eine Verschlechterung der Heizeigenschaften in Kauf nehmen zu müssen.

Weiterhin ist ein Tintenstrahlkopf vorgesehen, mit einer auf einem Substrat vorhandenen Kavität zur Aufnahme von Tinte; einer Druckerzeugungseinrichtung mit einem um seinen Mittelpunkt symmetrischen Knickelement mit einem sich radial erstreckenden Rillenbereich auf seiner Oberseite, wobei unter dem Rillenbereich keine Knickschicht vorhanden ist und ein Umfangskantenbereich des Knickelements innerhalb der Kavität auf dem Substrat fixiert ist und ein Mittelbereich des Knickelements durch Erwärmen ausknickend verformbar ist, um einen Druck zum Ausbringen der Tinte zu erzeugen; und mit einer Düse, die an einem einen oberen Bereich der Kavität bildenden Element an einer der Druckerzeugungseinrichtung gegenüberliegenden Stelle angeordnet ist.

Bei diesem Tintenstrahlkopf ist der keine Knickschicht unter sich aufweisende, sich radial erstreckende Rillenbereich auf der oberen Oberfläche der kurz zuvor beschriebenen ersten Druckerzeugungseinrichtung vorgesehen. Wenn dementsprechend das Knickelement durch Erwärmen geknickt wird, verformt sich der flexible Rillenbereich und krümmt sich an beiden Seiten symmetrisch zu seiner längsgerichteten Mittelebene in seiner Querschnittsebene. Dementsprechend wird eine in Umfangsrichtung in der Druckerzeugungseinrichtung erzeugte Druckspannung absorbiert bzw. gemildert, so daß sich das Knickelement in vorteilhafter Weise leicht knicken kann.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform, bei der der Rillenbereich einen konvexen oder konkaven Aufbau aufweist, wird die Steifigkeit des Rillenbereichs weiter vermindert, um die Abschwächung der Druckspannung weiter zu fördern, so daß der Knickbetrag der Druckerzeugungseinrichtung und damit die Tintenausgabeffektivität erhöht werden kann.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, bei der der Rillenbereich konkav ist und einen abgeschnittenen Bereich an einem vorstehenden Bereich zwischen angrenzenden Vertiefungen aufweist, wobei ein Endbereich des abgeschnittenen Bereichs das Knickelement mit einem dazwischen liegenden Spalt überlappt, wird die in Umfangsrichtung erzeugte Druckspannung durch den abgeschnittenen Bereich vermindert, wodurch sich das Knickelement noch leichter knicken kann. Weiterhin wird der Spalt unter dem abgeschnittenen Bereich in einer Richtung geschlossen, in der er das Knickelement berührt, wenn er durch die Tinte in der Kavität beim Ausgeben der Tinte mit Druck beaufschlagt wird, wodurch ein Leckverlust der Tinte vermieden wird und der Knickbetrag der Druckerzeugungseinrichtung und damit die Tintenausgabeffektivität weiter erhöht werden.

Darüber hinaus wird ein Tintenstrahlkopf angegeben, mit einem Substrat; einer Druckerzeugungseinrichtung mit einem um seinen Mittelpunkt symmetrischen Knickelement mit einem sich radial erstreckenden Rillenbereich auf seiner Oberseite, wobei unter dem Rillenbereich keine Knickschicht vorhanden ist, und mit einem Heizbereich zum Erwärmen des Knickelements, wobei ein Umfangskantenbereich des Knickelements auf dem Substrat fixiert ist und ein Mittelbereich des Knickelements durch Erwärmen ausknickend verformbar ist; einer über der Druckerzeugungseinrichtung angeordneten Lochplatte zum Abdecken der Druckerzeugungseinrichtung mit einem dazwischen vorhandenen Spalt, wobei ein Zwischenraum zwischen der Lochplatte und einem Seitenkantenbereich des Knickelements durch eine Abstandsschicht abgedichtet wird und ein Tintenzu-

führungsweg zwischen der Lochplatte und dem anderen Seitenkantenbereich des Knickelements ausgebildet ist, wodurch der als Kavität dienende Spalt erzeugt wird; und mit einer als Tintenauslaß dienenden Düse, die an der Lochplatte gegenüber einem Mittelbereich der Druckerzeugungseinrichtung angeordnet ist.

Bei diesem Tintenstrahlkopf weist die kurz zuvor beschriebene zweite Druckerzeugungseinrichtung das Knickelement und den Heizbereich zum Erwärmen des Knickelements auf. Dementsprechend wird nur der Heizbereich durch einen hindurchfließenden Strom, der kleiner ist als in dem Fall, in dem das Knickelement knickend durch einen durch das Knickelement selbst strömenden Strom verformt wird, beheizt, wobei der gleiche Knickbetrag erzielt und damit Energie gespart werden kann, wodurch wiederum der Tintenstrahlkopf sehr kompakt zu bauen ist.

Die Erfindung wird im folgenden unter Zuhilfenahme der Figuren anhand der bevorzugten Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht eines Tintenstrahlkopfs gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 einen Schnitt der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform;

Fig. 3 eine Draufsicht eines Tintenstrahlkopfs gemäß einer zweiten und einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 einen Schnitt entlang einer Linie IV-IV in Fig. 3;

Fig. 5 einen Schnitt entlang einer Linie V-V in Fig. 3; Fig. 6A bis 6E ein Herstellungsverfahren für die in Fig. 3 gezeigte Ausführungsform;

Fig. 7 einen Schnitt des Tintenstrahlkopfs gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 8A bis 8F ein Herstellungsverfahren für die in Fig. 7 gezeigte Ausführungsform;

Fig. 9 einen Schnitt des Tintenstrahlkopfs gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 10A und 10H Ansichten zum Erläutern der Arbeitsweise der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform;

Fig. 11A und 11B schematische Schnittdarstellungen eines Tintenstrahlkopfs gemäß dem Stand der Technik mit einer piezoelektrischen Vorrichtung; und

Fig. 12 eine schematische Perspektivansicht eines Blasenstrahl-Tintenstrahlkopfs nach dem Stand der Technik.

Die Fig. 1 und 2 zeigen eine Draufsicht und eine Schnittdarstellung eines Tintenstrahlkopfs (auch als Membran-Tintenstrahlkopf bezeichnet) gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Dieser Tintenstrahlkopf weist auf: ein Substrat 31; eine Druckerzeugungseinrichtung 32 mit einem kreisförmigen Aufbau, deren Umfangskantenbereich auf dem Substrat 31 befestigt ist und dessen Mittelbereich in einer Richtung senkrecht zu dem Substrat durch Erwärmen knickend verformt ist; sowie eine Lochplatte 33. Die Lochplatte 33 ist über der Druckerzeugungseinrichtung 32 mit einem dazwischen liegenden Spalt angeordnet, wodurch an einer Längskante ein Tintenreservoir 34 ausgebildet ist und Umfangswände auf der Druckerzeugungseinrichtung 32 befestigt sind, um eine als Tintenkammer 35 dienende Kavität über jeder Druckerzeugungseinrichtung 32 zu bilden. Eine als Tintenauslaß dienende Düse 36 ist an einer Stelle gegenüber einem Mittelbereich von jeder Druckerzeugungseinrichtung 32 vorgesehen. Ein die Tintenkammer 35 und das Tintenreservoir 34 verbindender Tintenzuführungsweg 37 ist ebenfalls vorhanden.

Die Druckerzeugungseinrichtung 32 weist ein Knickelement 38 und eine unter dem Knickelement 38 zwischen Isolierschichten 40 und 41 angeordnete Heizschicht 39 auf. Die Heizschicht 39 und das Substrat 31 sind voneinander getrennt. Dazwischen ist ein mit einem das Substrat 31 durchdringenden, konisch zulaufenden Flüssigkeitseinlaß 43 kommunizierender Spalt 42 vorhanden. Die Heizschicht 39 weist ein Muster auf, das ein gleichförmiges Erwärmen des Knickelements 38 ermöglicht. Seine beiden Enden werden als an der Außenseite frei liegende Stromanschlüsse 44 und 45 genutzt. Der Tintenstrahlkopf dieser Ausführungsform weist ungefähr den gleichen Aufbau auf wie der der nachfolgend beschriebenen Ausführung, mit Ausnahme, daß kein sich radial erstreckender Rillenbereich auf einer oberen Oberfläche des Knickelements 38 der Druckerzeugungseinrichtung 32 vorhanden ist. Daher wird das Herstellungsverfahren und die Arbeitsweise der einzelnen Komponenten noch nicht beschrieben.

Es ist möglich, auf die Heizschicht 39 bei der oben beschriebenen Ausführungsform zu verzichten und stattdessen direkt das Knickelement 38 mit Strom zu beaufschlagen, um es zu beheizen und damit knickend zu verformen. Obwohl die Druckerzeugungseinrichtung 32 bei der oben beschriebenen Ausführungsform einen kreisförmigen Aufbau aufweist, ist auch ein anderer, um einen Mittelpunkt symmetrischer Aufbau mit einem Polygon wie einem Hexagon oder einem Octagon möglich. Es sei darauf hingewiesen, daß die Druckerzeugungseinrichtung 32 keinen rechteckigen Aufbau aufweisen darf, da dieser nicht mittensymmetrisch ist. Dies liegt daran, daß die kürzere Seite eines Rechtecks weniger deformierbar ist als die Längsseite des Rechtecks, was zu höheren Spannungen in den kurzen Seiten führt. Dementsprechend hängt der Verformungsgrad im wesentlichen von der Abmessung der kurzen Seite ab, während die Längsseite einige nichtverformte Bereiche aufweist, die dadurch überflüssig sind.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht mit einer Ausführungsform eines Aktorenbereichs eines Tintenstrahlkopfs gemäß der zweiten und der dritten Ausführungsform der Erfindung, wobei eine Mehrzahl von Aktoren auf einem Substrat 1 ausgebildet sind. Fig. 4 zeigt einen Schnitt entlang einer Linie IV-IV in Fig. 3, wo ein Knickelement 2 auf dem Substrat 1 mit einem dazwischen vorhandenen Spalt 3 angeordnet ist. Ein Umfangskantenbereich 4 des Knickelements 2 ist auf dem Substrat 1 befestigt. Ein Mittelbereich des Knickelements 2 ist nirgendwo befestigt, das heißt, es steht von dem Substrat 1 ab und ist von diesem durch den Spalt 3 getrennt. Unter dem Knickelement 2 ist eine zwischen Isolierschichten 5a und 5b angeordnete Heizschicht 6 vorhanden. Die Heizschicht 6 kann in Form eines Musters (nicht dargestellt) angeordnet sein, das geeignet ist, das Knickelement 2 gleichmäßig zu erwärmen. Obwohl die Heizschicht 6 unter dem Knickelement 2 vorgesehen ist, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Es ist möglich, das Knickelement 2 auch durch direkte Beaufschlagung von Strom zu beheizen. An dem Substrat 1 ist ein das Substrat 1 durchdringender Flüssigkeitseinlaß 8 vorhanden.

Das Knickelement 2 ist filmartig mit einem ungefähr achteckigen Aufbau in der Draufsicht ausgebildet. Es sei darauf hingewiesen, daß das Knickelement 2 nicht auf einen achteckigen Aufbau beschränkt ist, sondern daß auch andere, um einen Mittelpunkt symmetrische Formen möglich sind, wie zum Beispiel ein Quadrat, ein Pentagon oder ein Hexagon. Die Einrichtung, das heißt, das Knickelement 2 wird — wie nachfolgend beschrie-

ben — durch Knicken in eine Kuppelform verformt. Dementsprechend ist ein um den Mittelpunkt symmetrischer Aufbau vorteilhafter, da er keine unregelmäßigen inneren Spannungen bewirkt. Wenn ein rechteckiger Aufbau verwendet wird, ist die kürzere Seite des Rechtecks weniger deformierbar als die Längsseite des Rechtecks, was zu einer größeren Spannung an der kürzeren Seite führt. Dementsprechend hängt der Deformationsgrad im wesentlichen von der Abmessung der kürzeren Seite ab, während an der Längsseite einige Bereiche nicht verformt werden und somit überflüssig sind.

Das Knickelement 2 weist eine Mehrzahl von Rillenbereichen 7 auf, die sich von dem Mittelpunkt nach außen zum Umfang erstrecken. Fig. 5 zeigt einen Schnitt entlang einer Linie V-V in Fig. 3 mit dem Rillenbereich 7. Unter dem Rillenbereich 7 ist keine Schicht des Knickelements 2 vorhanden, weswegen er eine geringe Dicke und einen hutförmigen Querschnitt aufweist. Der Rillenbereich 7 und das Knickelement 2 sind aneinander befestigt und integriert, um eine filmartige Einschichtstruktur zu bilden.

Wie in Fig. 4 gezeigt, ist eine Kavität 9 für die Tinte, eine Abstandsschicht 10 und eine Lochplatte 11 vorgesehen, wobei die Lochplatte 11 eine Düse 12 aufweist. In der Abstandsschicht 10 ist ein Tintenzuführungsweg 13 vorgesehen, der mit einem Tintenreservoir 15 mit größeren Abmessungen verbunden ist. Der Tintenzuführungsweg 13 weist teilweise eine Engstelle 14 auf.

Der Tintenstrahlkopf mit dem oben beschriebenen Aufbau arbeitet in der folgenden Weise.

Beim Betrieb des Tintenstrahlkopfs wird der Spalt 3 und die Kavität 9 zur Vorbereitung mit Tinte gefüllt. Der Spalt 3 kann auch mit einer Flüssigkeit wie Wasser, Silikonöl, Alkohol oder einer anderen makromolekularen Flüssigkeit gefüllt sein. Dann erzeugt die Heizschicht 6 durch einen sie durchströmenden Strom Wärme. Mit der Wärmeerzeugung dehnt sich das Knickelement 2, was aber aufgrund der Befestigung des Umfangsbereichs 4 auf dem Substrat 1 nicht möglich ist. Dadurch wird innerhalb des Knickelements 2 in Umfangsrichtung eine Druckspannung erzeugt. Wenn das Knickelement 2 selbst durch einen es durchfließenden Strom erwärmt wird, bis die Druckspannung eine bestimmte Höhe übersteigt, knickt das Knickelement 2 aus und verformt sich in Form einer Kuppel senkrecht zu dem Substrat 1, wie durch gestrichelte Linien in Fig. 4 gezeigt. In diesem Zustand absorbieren bzw. mildern die Rillenbereiche 7 die Druckspannung in dem Umfangsbereich, wodurch das Knicken ermöglicht wird. Durch die durch das Ausknicken bewirkte Volumenänderung wird ein Innendruck in der Kavität 9 erhöht, so daß die Tinte über die Düse 12 zum Drucken ausgegeben wird. Wenn der Strom abgeschaltet wird, gibt das Knickelement 2 die Wärme an das Substrat 1 und die Lochplatte 11 über den mit der Tinte gefüllten Spalt 3 und die Kavität 9 ab. Dementsprechend wird die Temperatur vermindert und der Knickzustand aufgehoben, so daß die ursprüngliche Form wieder eingenommen wird. Durch das Rückstellen wird die Tinte von dem Tintenzuführungsweg 13 zugeführt und die Kavität 9 erneut mit Tinte gefüllt, so daß die Vorrichtung wieder für eine nachfolgende Tintenabgabe bereit ist.

Die Fig. 6A bis 6E zeigen ein Herstellungsverfahren für den Aktorenbereich des unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschriebenen Tintenstrahlkopfs.

Wie in Fig. 6A gezeigt, werden zunächst Filme 16 und 17 durch thermische Oxidation auf beiden Oberflächen

des monokristallinen Silikonsubstrats 1 und danach eine Opferschicht 18 auf dem Film 16 erzeugt. Als Material für die Opferschicht 18 kann Aluminium, ein Photoresist, ein Polyimid-Kunstharz usw. verwendet werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Opferschicht 18 in einer nachfolgenden Verfahrensschicht entfernt wird, ist Aluminium zu bevorzugen, welches durch Säure oder Alkali einfach entfernt werden kann. Dann wird eine elektrische Isolierschicht 5b durch eine Photolithographietechnik erzeugt und ein für einen nachfolgend zu erzeugenden Rillenbereich notwendiger Spalt 20 vorgesehen. Danach wird eine Heizschicht 6 aufgetragen und darauf eine weitere elektrische Isolierschicht 5a zum Abdecken der Heizschicht 6 erzeugt. Als Material für die elektrischen Isolierschichten 5 kann beispielsweise Silikonoxid, Silikondioxid, Silikonnitrid, Aluminiumnitrid oder Aluminiumoxid verwendet werden. Als Material für die Heizschicht 6 können Nickel, Chrom, Tantal, Molybdän, Hafnium, Bor, deren Legierungen sowie deren Verbindungen verwendet werden. Dann wird ein metallischer Substratfilm 19 auf der gesamten Oberfläche erzeugt. Der metallische Substratfilm 19 dient als Elektrode für den nachfolgenden Beschichtungsprozeß und kann aus Nickel, Chrom, Kobalt oder Aluminium hergestellt werden, wobei das Material vorzugsweise das gleiche Material wie das eines nachfolgend zu erzeugenden Knickelements 2 ist.

Dann wird — wie in Fig. 6B gezeigt — eine Photoresistorschicht 21 in dem vorher geöffneten Spalt 20 erzeugt. Danach wird das elektrische Plattieren zum Erzeugen des Knickelements 2 durchgeführt. Als Material für das Knickelement 2 können Nickel, Chrom, Kobalt, Kupfer und deren Legierungen verwendet werden. Die Dicke der Plattierung des Knickelements 2 ist kleiner als die Höhe der Photoresistorschicht 21. Die Höhendifferenz zwischen dem Knickelement 2 und der Photoresistorschicht 21 beträgt zwischen 0,1 und 10  $\mu\text{m}$ .

Wie in Fig. 6C gezeigt, wird dann ein Plattierungsfilm 22 auf der gesamten Oberfläche erzeugt. Der Plattierungsfilm 22 besteht grundsätzlich aus dem gleichen Material wie das Knickelement 2, kann aber auch aus einem anderen Material bestehen. Da die Höhe des Knickelements 2 geringer ist als die Höhe der Resistorschicht 21, wird der Plattierungsfilm 22 mit einem Rillenbereich 7 erzeugt. Die Dicke des Plattierungsfilms 22 ist vorzugsweise kleiner als die Dicke des Knickelements 2 und liegt vorzugsweise in einem Bereich von 0,1 bis 5  $\mu\text{m}$ .

Wie Fig. 6D zeigt, wird nachfolgend ein Öffnungsbe- reich 23 durch den Oxidationsfilm 17 an der Rückseite vorgesehen und ein Flüssigkeitseinlaß 8 durch Ätzen erzeugt. Der Flüssigkeitseinlaß 8 kann durch anisotropes Ätzen mit einer KOH-Lösung durchgeführt werden. Wenn für das Substrat 1 ein (100)-Flächen-Monokristall verwendet wird, bleibt aufgrund einer niedrigen (111)-Flächen-Ätzgeschwindigkeit eine (111)-Fläche 24 übrig, so daß der Flüssigkeitseinlaß 8 erzeugt wird. Danach wird durch Ionenfräsen eine Öffnung 25 durch den Oxidationsfilm 16 erzeugt.

Anschließend wird die Opferschicht 18 entfernt. Zum Entfernen wird erwärmte Phosphorsäure gewählt, wenn Aluminium als Opferschicht verwendet wurde, bzw. eine andere geeignete Flüssigkeit, wenn ein Resist als Opferschicht 18 verwendet wurde. Danach wird der Metallfilm 19 unter der Resistorschicht 21 entfernt. Das Entfernen kann unter Verwendung von Salpetersäure durchgeführt werden, wenn Nickel als Metallfilm 19 verwendet wurde. In oben beschriebenem Fall besteht

die Gefahr, daß auch das Knickelement 2 durch die Salpetersäure korrodiert wird. Wenn aber der Prozeß in kurzer Zeit mit einer verdünnten Salpetersäurelösung durchgeführt wird, entsteht keine wesentliche Beschädigung anderer Bereiche. Danach wird die Resistorschicht 21 entfernt. Das Entfernen der oben genannten Schichten bzw. Filme erfolgt durch den Flüssigkeitseinlaß 8. Dadurch entsteht — wie in Fig. 6E gezeigt — ein Aktor für einen Tintenstrahlkopf mit dem Flüssigkeitseinlaß 8, dem Spalt 3 und dem Rillenbereich 7.

Danach wird die Lochplatte 11 mit der Düse 12 und dem Tintenreservoir 15 auf dem oben beschriebenen Aktor befestigt, so daß der in Fig. 4 gezeigte Tintenstrahlkopf vervollständigt ist.

Fig. 7 zeigt einen Tintenstrahlkopf gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform weist einen Rillenbereich 7 auf, der sich von dem im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen unterscheidet. Bei dieser Ausführungsform ist eine zwischen Isolierschichten 5a und 5b auf einem Silikonsubstrat 1 angeordnete Heizschaltung 6 sowie ein darauf angeordnetes Knickelement 2 vorgesehen, wobei die Elemente über den Rillenbereich 7 miteinander verbunden sind. Der Rillenbereich 7 hat die Form eines umgekehrten Hutes, wodurch eine in dem Knickelement 2 in Umfangsrichtung (nach rechts und nach links in Fig. 7) durch Knicken des Knickelements 2 erzeugte Druckspannung durch eine Biegebewegung der senkrechten Wände (in Richtung der Pfeile in Fig. 7) des Rillenbereichs 7 vermindert wird.

Der Aktor des erfindungsgemäßen Tintenstrahlkopfs wird folgendermaßen hergestellt.

Wie Fig. 8A zeigt, werden zunächst Filme 16 und 17 durch thermische Oxidation auf beiden Flächen des monokristallinen Silikonsubstrats 1 erzeugt und eine Opferschicht 18a auf dem Oxidationsfilm 16 ausgebildet. Als Material für die Opferschicht 18a können Aluminium, Photoresist, Polyimidharz usw. verwendet werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Opferschicht in einem nachfolgenden Verfahrensschritt entfernt wird, ist als Material Aluminium zu bevorzugen, das leicht durch Säure oder Alkali entfernt werden kann. Dann wird eine elektrische Isolierschicht 5b durch eine Photolithographietechnik mit einem nachfolgend zu erzeugenden Rillenbereich entsprechendem Spalt 20 ausgebildet. Dann wird eine Heizschicht 6 und danach eine elektrische Isolierschicht 5a zum Abdecken der Heizschicht 6 aufgebracht. Als Material für die elektrischen Isolierschichten können Silikonoxid, Silikondioxid, Silikonnitrid, Aluminiumnitrid und Aluminiumoxid verwendet werden. Als Material für die Heizschicht 6 eignen sich Nickel, Chrom, Tantal, Molybdän, Hafnium, Bor sowie deren Legierungen und Verbindungen. Danach wird auf der gesamten Oberfläche ein metallischer Substratfilm 19 erzeugt. Der metallische Substratfilm 19 dient als Elektrode für den nachfolgenden Plattierungsprozeß. Er kann aus Nickel, Chrom, Kobalt oder Aluminium bestehen, wobei das Material vorzugsweise das gleiche Material ist wie das des nachfolgend zu erzeugenden Knickelements 2.

Dann wird — wie in Fig. 8B gezeigt — eine Photoresistorschicht 21 auf dem vorher geöffneten Spalt 20 erzeugt, wobei die Photoresistorschicht 21 genau mit der Breite des Spalts 20 durch Photolithographietechnik hergestellt wird. Danach wird das Plattieren zum Erzeugen eines Knickelements 2 durchgeführt. Als Material für das Knickelement 2 können Nickel, Chrom, Kobalt, Kupfer und deren Legierungen verwendet werden.

Wenn ein elektrisches Plattierungsverfahren durchgeführt wird, wächst das Knickelement 2 in einem Bereich, in dem das Resist 21 nicht existiert (in diesem Fall auf dem Bereich, an dem das Heizelement 6 und die Isolierschichten 5 vorhanden sind).

Wie Fig. 8C zeigt, wird dann das Resist 21 entfernt und der in einem Bereich unter dem Resist 21 (einem Bereich in dem Spalt 20) vorhandene metallische Substratfilm 19 entfernt. Das Entfernen kann durch Ionenfräsen oder Ätzen durchgeführt werden. Nach dem Entfernungssprozeß ist der metallische Substratfilm 19 in einem Bereich 28 unter dem Resist 21 entfernt, so daß die Opferschicht 18a unter dem Film 19 freiliegt.

Dann wird das Substrat 1 plattiert, um eine Opferschicht 18b zu erzeugen. In diesem Zustand erstreckt sich der große Höhenunterschied aufweisende Film über die Seitenwände des Knickelementes 2, wodurch er über die gesamte Oberfläche erzeugt wird. Erfindungsgemäß werden das Knickelement 2 und die Opferschicht 18 jeweils aus einem leitfähigen metallischen Material hergestellt, so daß das Platten leicht ohne zusätzlichen Prozeß zum Erzeugen einer Leitfähigkeit durchgeführt werden kann. Als Material für die Opferschicht 18b können Zink oder Zinn verwendet werden. Besonders Zink kann leicht plattiert und leicht durch Säure oder Alkali geätzt werden, weswegen es sich besonders vorteilhaft für die Opferschicht 18b eignet. Wie in Fig. 8D gezeigt, wird danach ein Öffnungsbereich (abgeschnittener Bereich) 29 durch eine Lithographietechnik an dem einem Mittelbereich des Knickelementes 2 entsprechenden, platierten Bereich erzeugt. Der Öffnungsbereich 29 kann durch Ätzen nach dem Erzeugen eines Resistmusters hergestellt werden.

Wie in Fig. 8E gezeigt, wird dann ein Metallfilm 30 über der gesamten Oberfläche vorzugsweise durch Platten hergestellt. Als Material ist es empfehlenswert, das gleiche Material wie das des Knickelementes 2 zu verwenden, da ein in dem Öffnungsbereich 29 zu erzeugender Bereich 24 dann vorteilhafterweise fest mit dem Knickelement 2 verbunden werden kann.

Danach wird durch den Oxidationsfilm 17 auf der Rückseite des Substrats 1 ein Öffnungsbereich 23 vorgenommen und ein Flüssigkeitseinlaß 8 durch Ätzen erzeugt. Das Erzeugen des Flüssigkeitseinlasses 8 kann durch anisotropisches Ätzen mit KOH-Lösung durchgeführt werden. Wenn für das Substrat 1 ein (100)-Flächen-Monokristall verwendet wird, bleibt — da die (111)-Flächenätzgeschwindigkeit niedrig ist — eine (111)-Fläche 24 übrig, so daß der Flüssigkeitseinlaß 8 erzeugt wird. Danach wird eine Öffnung 25 an dem Oxidationsfilm 16 durch Ionenfräsen hergestellt.

Danach werden die Opferschichten 18a und 18b entfernt. Für das Entfernen kann ein Ätzmittel wie Säure, Alkali oder eine organische Lösung (in Abhängigkeit von dem Material der Opferschicht) verwendet werden. Das Ätzmittel dringt von der rückwärtigen Öffnung 25 ein und entfernt die Opferschichten 18a und 18b durch Ätzen. Im vorliegenden Fall wird für die Opferschicht 18a Aluminium und für die Opferschicht 18b Zink verwendet, die leicht durch Säure oder Alkali entfernt werden können. Wie in Fig. 8F gezeigt, wird dadurch ein Aktor für einen Tintenstrahldrucker hergestellt, mit dem Flüssigkeitseinlaß 8, dem Spalt 3 und dem Rillenbereich 7.

Gemäß dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren wird beim Herstellen des Rillenbereichs die metallplattierte Opferschicht verwendet. Die Opferschicht kann dementsprechend leichter entfernt werden als eine

Opferschicht unter Verwendung des Photoresists bei der in Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform. Das liegt daran, daß das Photoresist möglicherweise verformt wird, wenn ein Verfahrensschritt bei einer hohen Temperatur durchgeführt wird, während die Metallschicht ihre Eigenschaften nicht ändert. Weiterhin kann Metall — besonders Aluminium und Zink — leicht in Säure oder Alkali aufgelöst werden, was das Entfernen der Opferschicht aus einem schmalen Spalt erleichtert. Aus den genannten Gründen kann ein Verfahren mit höherer Zuverlässigkeit und höherem Wirkungsgrad erreicht werden als bei der in Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform.

Fig. 9 zeigt einen Tintenstrahlkopf gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform weist ebenfalls einen Rillenbereich 7 auf, der sich von dem der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform unterscheidet. Jetzt weist ein Rillenbereich 7 einen konkaven Querschnitt sowie einen schlitzförmigen abgeschnittenen Bereich 29 an einem vorstehenden Bereich zwischen angrenzenden Vertiefungsbereichen auf, wobei ein linker Endbereich 27 des abgeschnittenen Bereichs 29 das Knickelement 2 mit einem dazwischenliegenden Spalt 3 überlappt. Das bedeutet, daß die Knickelemente nicht über den Rillenbereich 7 miteinander verbunden sind, sondern durch den abgeschnittenen Bereich 29 getrennt sind. Mit der beschriebenen Anordnung wird eine in den Knickelementen 2 in Umfangsrichtung erzeugte Druckspannung vermindert, so daß das Knickelement leicht entstehen kann. Fig. 10B zeigt einen Zustand, in dem das Knickelement 2 ausgeknickt und in einer Richtung senkrecht zu dem Substrat 1 verformt ist, so daß es einen Druck auf die Kavität 9 ausübt. Wenn das Knickelement 2 nicht geknickt ist — wie in Fig. 10A gezeigt — ist der Spalt 3 zwischen dem linken Endbereich 27 an dem abgeschnittenen Bereich 29 und dem Knickelement 2 geöffnet. Wenn das Knickelement 2 in einer durch einen Pfeil X in Fig. 10B gekennzeichneten Richtung nach oben ausknickt, verformt sich der linke Endbereich 27 durch einen über dem Knickelement 2 erzeugten Tintendruck P nach unten, um so den Spalt 3 zu schließen. Wenn dementsprechend das Knickelement 2 ausknickt, ist der Spalt 3 geschlossen, um das Ausfließen der Tinte aus der Kavität 9 unter das Knickelement 2 zu vermeiden, so daß gleichzeitig sowohl der Effekt des Unterstützens der Ausknickung durch Mildern der Druckspannung im Umfangsbereich als auch der Effekt des Erhöhens der Druckbeaufschlagung verbessert werden können.

Erfindungsgemäß wird die sich bei Erwärmung ausknickende Druckerzeugungseinrichtung für den Aktionsbereich des Tintenstrahlkopfs durch eine Photoätz- oder Plattierungstechnik hergestellt. Dadurch können die Komponenten hochintegriert werden, was zu einem kompakten und einfachen Aufbau führt sowie das Zusammenfügen von mehreren Köpfen bzw. das gemeinsame Herstellen mehrerer Köpfe erleichtert.

Durch Ausführen des Knickelements in Einfilmform bzw. filmartige Einschichtform kann die Druckbeaufschlagung innerhalb der Kavität effektiv ohne Leckverluste der Tinte durchgeführt werden. Weiterhin kann durch den um die Mitte symmetrischen Aufbau des Knickelements die Spannungsverteilung innerhalb der gesamten Fläche des Knickelements vergleichmäßig werden, so daß eine Ermüdungsbelastung des Knickelements verhindert wird und damit die Lebensdauer des Tintenstrahlkopfs erhöht wird. Durch den in dem Knickelement ausgebildeten Rillenbereich kann eine in Um-

fangsrichtung entstandene Spannung abgebaut werden, wodurch das Ausknicken erleichtert wird. Dadurch kann die Tintenausbringungseffektivität des Tintenkopfs verbessert werden.

## Patentansprüche

1. Tintenstrahlkopf, mit einer auf einem Substrat (31) vorhandenen Kavität (35) zur Aufnahme von Tinte; einer Druckerzeugungseinrichtung (32) mit einem um seinen Mittelpunkt symmetrischen Knickelement (38), dessen Umfangskantenbereich innerhalb der Kavität (35) auf dem Substrat (31) fixiert ist, wobei das Knickelement (38) durch Erwärmen ausknickend verformbar ist, um einen Druck zum Ausbringen der Tinte zu erzeugen; und mit einer mit der Kavität (35) kommunizierenden, zum Ausbringen der Tinte dienenden Düse (36). 10
2. Tintenstrahlkopf, mit einer auf einem Substrat (1) vorhandenen Kavität (9) zur Aufnahme von Tinte; einer Druckerzeugungseinrichtung mit einem um seinen Mittelpunkt symmetrischen Knickelement (2) mit einem sich radial erstreckenden Rillenbereich (7) auf seiner Oberseite, wobei unter dem Rillenbereich keine Knickschicht vorhanden ist und ein Umfangskantenbereich des Knickelements (2) innerhalb der Kavität (9) auf dem Substrat (1) fixiert ist und ein Mittelbereich des Knickelements (2) durch Erwärmen ausknickend verformbar ist, um einen Druck zum Ausbringen der Tinte zu erzeugen; und mit einer Düse (12), die an einem einen oberen Bereich der Kavität (9) bildenden Element an einer der Druckerzeugungseinrichtung gegenüberliegenden Stelle angeordnet ist. 20
3. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rillenbereich (7) der Druckerzeugungseinrichtung einen konvexen Aufbau aufweist. 30
4. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rillenbereich (7) der Druckerzeugungseinrichtung einen konkaven Aufbau aufweist. 40
5. Tintenstrahlkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rillenbereich (7) der Druckerzeugungseinrichtung einen abgeschnittenen Bereich (29) an einem vorstehenden Bereich zwischen seinen angrenzenden Vertiefungsbereichen aufweist, wobei ein Endbereich (27) des abgeschnittenen Bereichs (29) das Knickelement (2) mit einem Spalt (3) dazwischen überlappt. 45
6. Tintenstrahlkopf, mit einem Substrat (1); einer Druckerzeugungseinrichtung mit einem um seinen Mittelpunkt symmetrischen Knickelement (2) mit einem sich radial erstreckenden Rillenbereich (7) auf seiner Oberseite, wobei unter dem Rillenbereich (7) keine Knickschicht vorhanden ist, und mit einem Heizbereich (6) zum Erwärmen des Knickelements (2), wobei ein Umfangskantenbereich des Knickelements (2) auf dem Substrat (1) fixiert ist und ein Mittelbereich des Knickelements (2) durch Erwärmen ausknickend verformbar ist; einer über der Druckerzeugungseinrichtung angeordneten Lochplatte (11) zum Abdecken der Druckerzeugungseinrichtung mit einem dazwi- 55 60 65

schen vorhandenen Spalt, wobei ein Zwischenraum zwischen der Lochplatte (11) und einem Seitenkantenbereich des Knickelements (2) durch eine Abstandsschicht (10) abgedichtet wird und ein Tintenzuführungsweg (13) zwischen der Lochplatte (11) und dem anderen Seitenkantenbereich des Knickelements (2) ausgebildet ist, wodurch der als Kavität (9) dienende Spalt erzeugt wird; und mit einer als Tintenauslaß dienenden Düse (12), die an der Lochplatte (11) gegenüber einem Mittelbereich der Druckerzeugungseinrichtung angeordnet ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

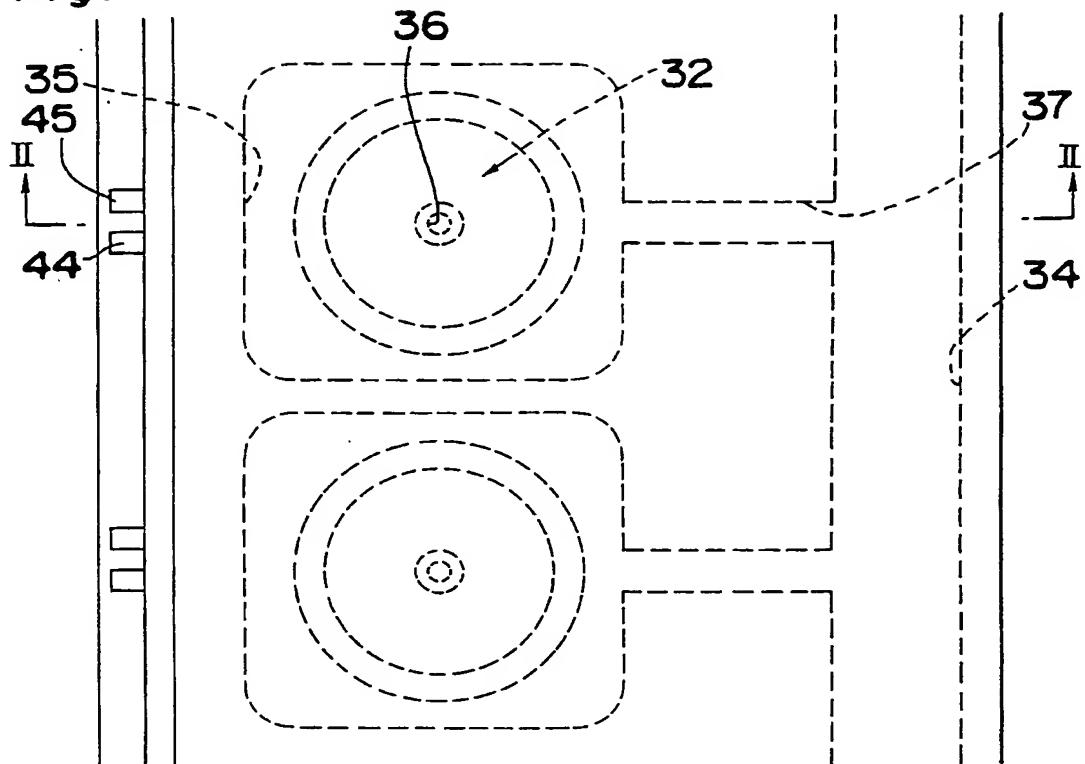


Fig. 2

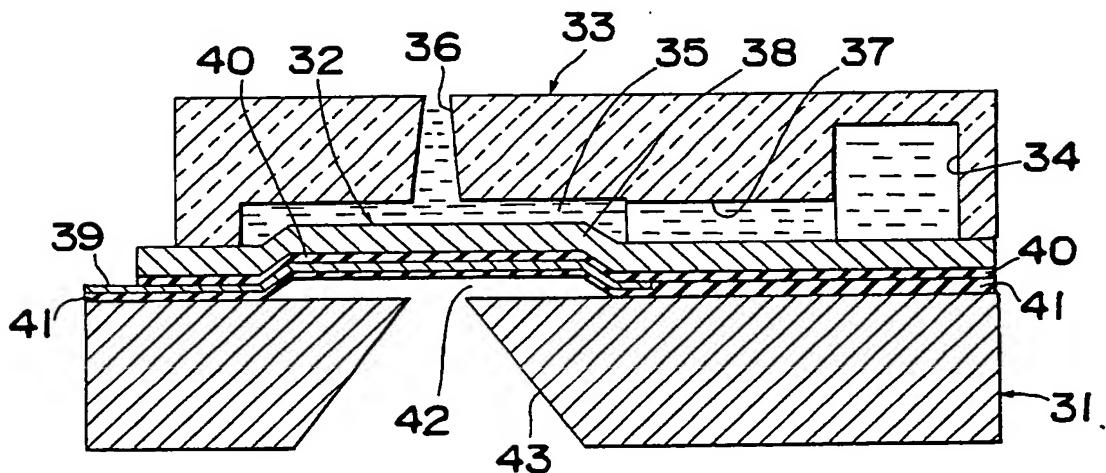


Fig. 3

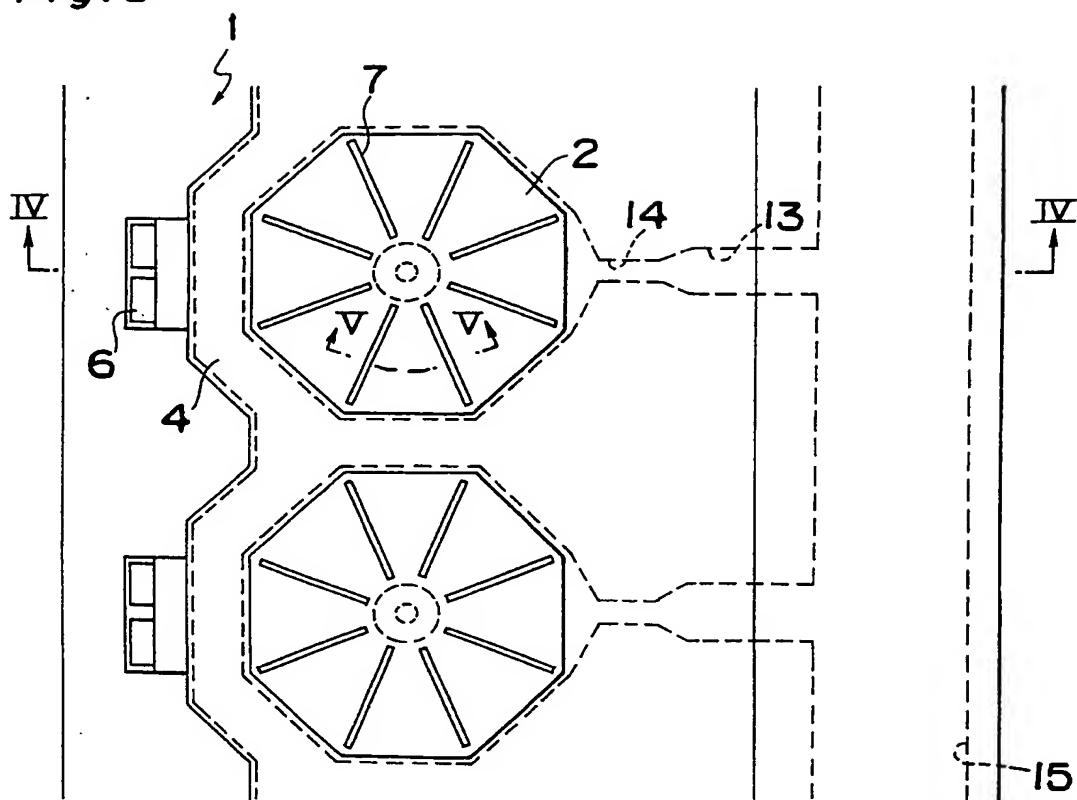


Fig. 4

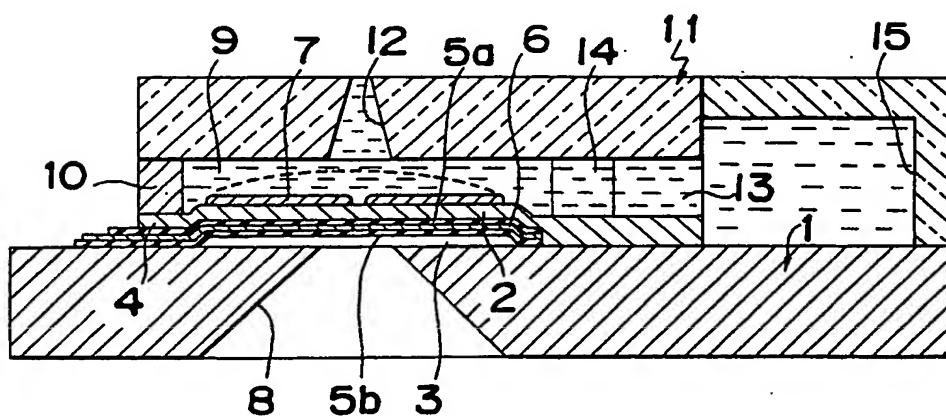


Fig. 5

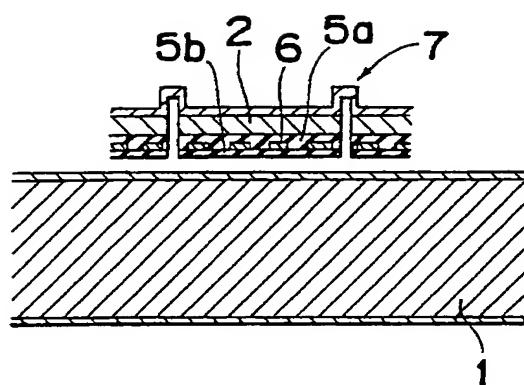
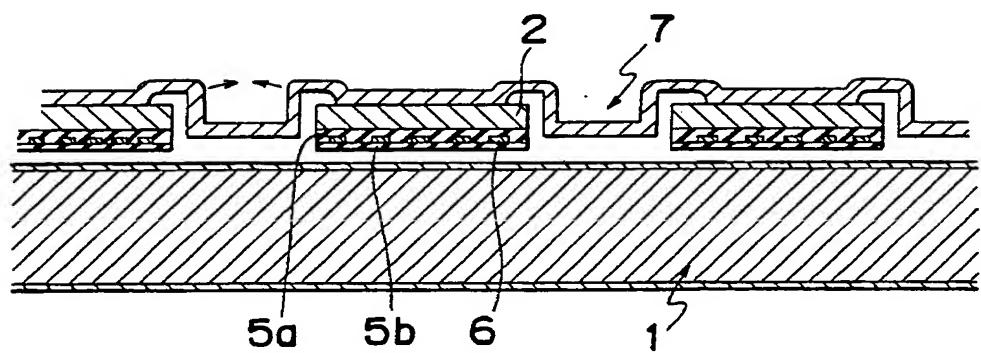
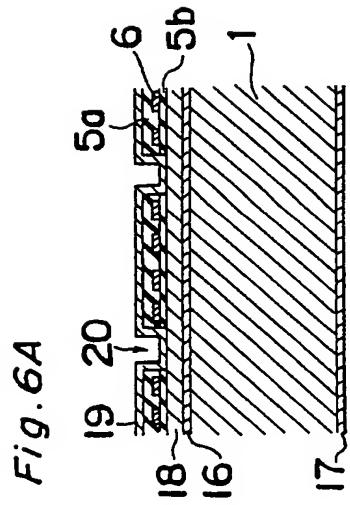
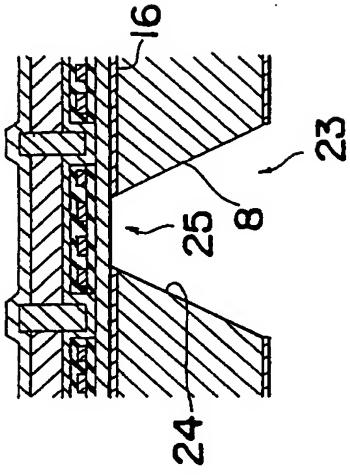
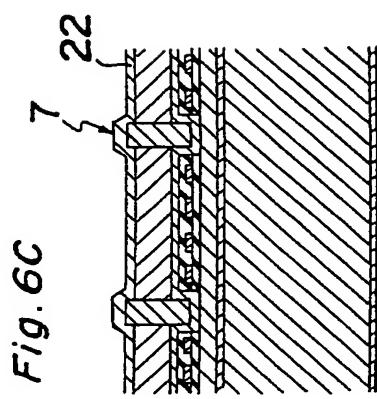
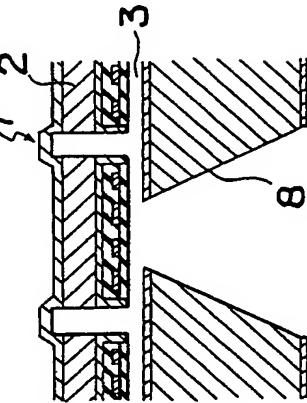
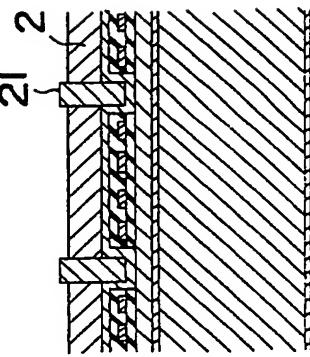


Fig. 7



*Fig. 6D**Fig. 6E**Fig. 6B*

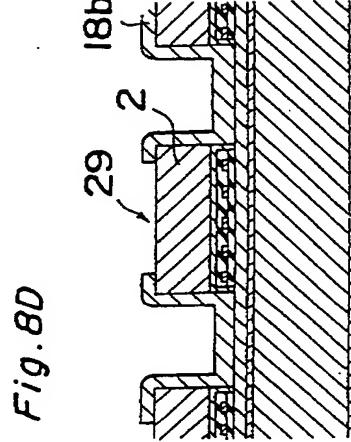
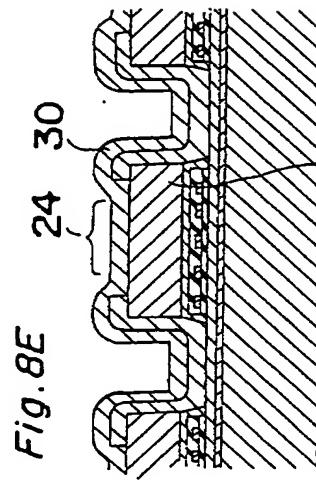
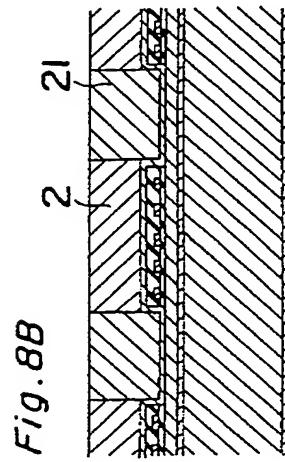
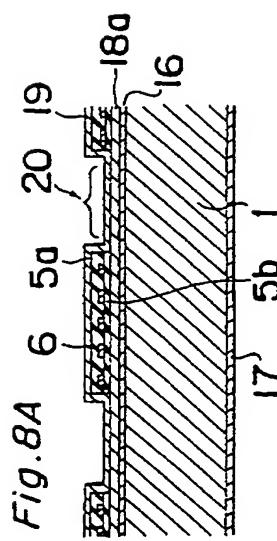


Fig. 8F

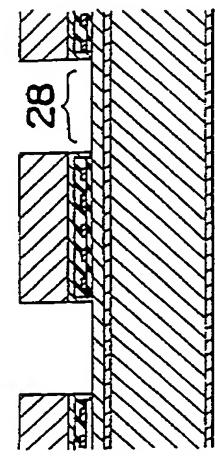
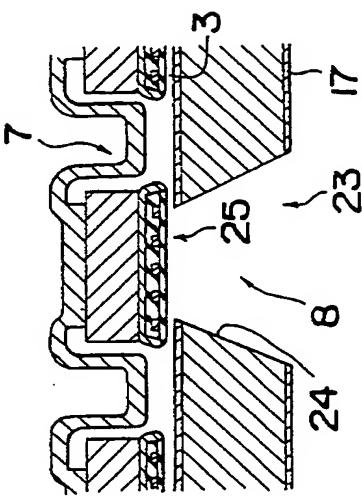


Fig. 9

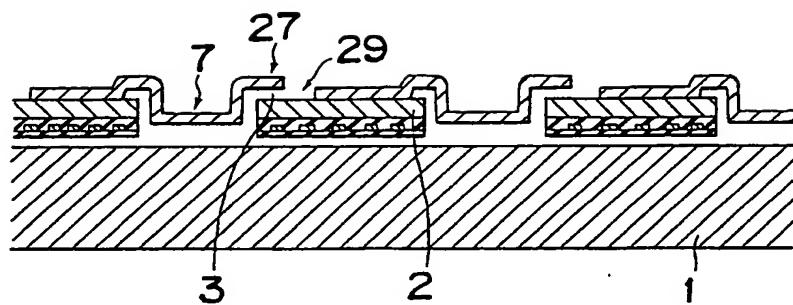


Fig. 10A

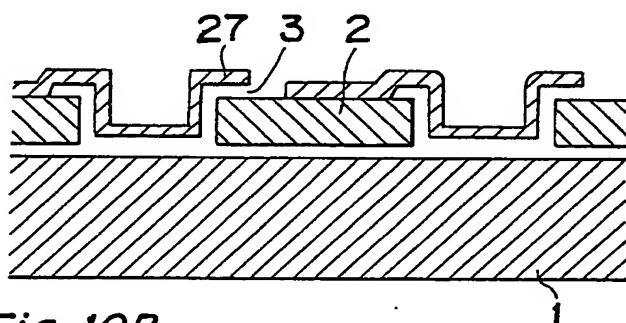


Fig. 10B

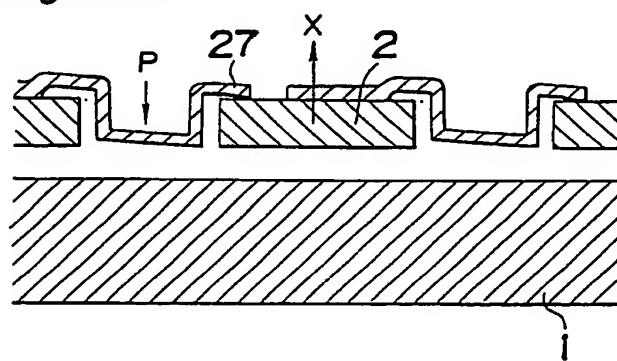


Fig. 11A

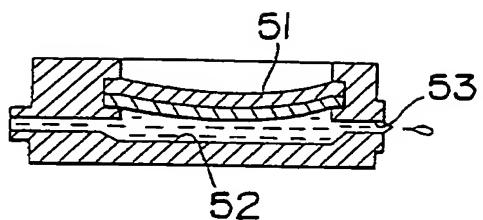


Fig. 11B

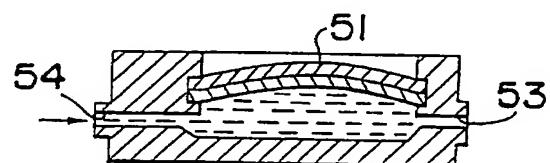


Fig. 12

